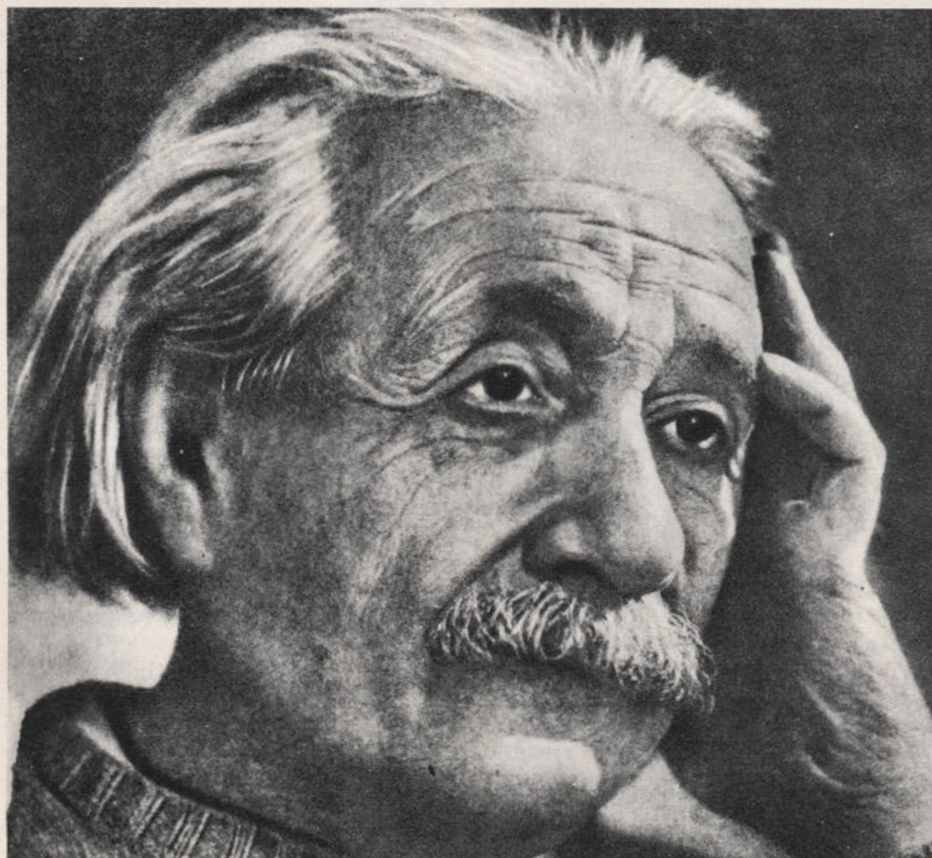


L' EPISTEMOLOGIA E LE SCIENZE SPERIMENTALI

di Ernesto Mascitelli Coriandoli

Attraverso una lunga e complessa serie di operazioni dirette ad ordinare, chiarire e riformulare i tratti essenziali delle teorie scientifiche, l'epistemologia porta un contributo essenziale al loro sviluppo.

Fig. 1 Albert Einstein: « La scienza senza epistemologia, seppure si può concepirla, è primitiva e informe ».



La parola *epistemologia* viene usata nella nostra lingua per indicare lo studio dei principi e dei metodi relativi alla conoscenza scientifica in senso lato. Nella nostra lingua, e, si potrebbe aggiungere in quella francese perché in lingua inglese il vocabolo esiste ma è di uso estremamente infrequente e in lingua tedesca non esiste affatto; negli autori angloamericani si ritrova infatti regolarmente l'espressione *philosophy of science* e in quelli tedeschi *Erkenntnistheorie* (teoria della conoscenza) che ha però un significato molto più vasto in quanto, tradizionalmente vi si comprende il problema della conoscenza così come si è andato delineando concretamente lungo lo sviluppo storico della filosofia: il termine italiano corrispondente è quello di *gnoseologia*.

Comunque, quale che sia il termine adottato per la disciplina che si intende illustrare, il suo oggetto riguarda « la riflessione critica generale intorno alla conoscenza scientifica »¹⁷, vale a dire un campo d'indagine intuitivamente vastissimo ed eterogeneo del quale, tutto sommato, è abbastanza inutile cercare di fissare con precisione i confini; più realistico è invece indicare gli argomenti per così dire d'obbligo che, in quanto tali, sono trattati più o meno dettagliatamente nella maggior parte delle opere contemporanee a carattere epistemologico.

In queste, poiché lo scopo è quello di chiarire le peculiarità del sapere scientifico, si trovano mediamente considerazioni intorno alle caratteristiche del linguaggio delle scienze, alla struttura logica delle stesse, alle differenze metodologiche tra scienze formali e scienze sperimentali, alla natura e alle funzioni delle leggi scientifiche, ai diversi tipi di spiegazione in uso nelle scienze. Come è ovvio, i vari argomenti sono connessi tra loro da una fitta serie di legami di vario genere per cui qualsiasi discorso su ciascuno di essi implica quasi sempre riferimento agli altri.

Tutto ciò emerge con chiarezza se ci si accosta con atteggiamento critico ad un trattato scientifico, quale ne sia la materia. La prima e più immediata constatazione è che il testo è costituito da asserzioni cioè da proposizioni che asseriscono qualche cosa come, per esempio, « il rigonfiamento torbido della

cellula è preceduto da accumulo di acidi nel protoplasma » oppure « il differenziale di una funzione è il prodotto della derivata della funzione per l'incremento della variabile indipendente ». In ambedue i casi ci si può chiedere se quel che è asserito corrisponde al vero e, in tal caso, come operare per ottenere una dimostrazione soddisfacente; porsi questa domanda presuppone però che si siano già risolte positivamente in via preliminare alcune questioni: in primo luogo che le varie parole usate abbiano un significato, ovvero che i concetti da esse espressi siano debitamente fondati; in secondo luogo che essi siano ordinati in modo da fornire un significato alla proposizione. Non basta infatti che si sappia cosa s'intende per differenziale di una funzione se poi questo concetto viene immesso in un contesto incongruo cioè se le operazioni logiche condotte mediante il suo impiego non appartengono alla stessa sfera di pertinenza.

Inoltre è anche evidente nelle proposizioni citate la differenza risultante dalla presenza in una di un riferimento temporale (un evento preceduto da un altro evento) che è invece assente nell'altra.

Detto questo si può osservare che il tipo di verifica per ciascuna delle due asserzioni è considerevolmente diverso. Nel caso della prima la conferma può venire soltanto da un'appropriate osservazione, vale a dire da un esperimento basato sulla produzione di quel fenomeno patologico che si indica convenzionalmente con l'espressione rigonfiamento torbido della cellula e sulla misura delle concentrazioni cellulari di acidi a intervalli di tempo successivi. Nel caso della seconda la conferma può consistere solo in un rigoroso ragionamento, vale a dire nella constatazione che quanto è stato asserito è una logica conseguenza di precedenti asserzioni relative ai concetti di differenziale, variabile, derivata, ecc.

Soffermandoci per il momento sul primo caso rileviamo che l'asserzione è empiricamente confermabile, cioè « che si possono descrivere delle possibili osservazioni che se fossero fatte, conferirebbero un certo grado di probabilità all'asserzione »¹⁶. Questo presuppone che i concetti ivi contenuti siano espressi in modo sufficientemente univoco da poter essere compresi da tutti gli

« addetti ai lavori » così da non generare confusioni; in altre parole il termine cellula, per esempio, deve costituire un segnale preciso all'interno di una data comunicazione così che una volta ricevuta possa essere decifrata in un senso tale da corrispondere a quanto intendeva chi l'ha inviata. La funzione informativa è infatti uno degli scopi fondamentali del linguaggio scientifico che, per questo motivo, può essere liberato da tutte quelle componenti valutative, emotive, esortative, ecc., rientranti invece negli scopi del linguaggio comune, ma deve nel contempo acquisire quei caratteri di chiarezza, di univocità, di coerenza che permettono di evitare comunicazioni ambigue, o, più generalmente, imprecise. Per adempiere correttamente alla sua funzione il linguaggio scientifico deve ricorrere a definizioni provviste di un alto livello di specificità ed a criteri più ampi che siano in grado di eliminare o quanto meno di ridurre al minimo i rischi di fraintendimenti; lo scopo viene ottenuto fissando una serie di convenzioni adatte per cui ogni termine in un determinato contesto, e quindi il contesto stesso, abbia un significato « ben definito ». Ma cosa intendiamo quando parliamo di « ben definito » o, corrispondentemente, di « buona definizione »? Nel caso dell'espressione « rigonfiamento torbido della cellula » intendiamo che una definizione soddisfacente consista nell'enunciare gli attributi essenziali del fenomeno così indicato? Se è così, una buona definizione potrebbe essere questa: aumento dell'assunzione di acqua accompagnato dalla precipitazione delle proteine citoplasmatiche sotto forma di fini granuli e dalla comparsa di gocce di grasso proveniente dalla dissociazione delle lipoproteine conferenti alla cellula un aspetto torbido e polverulento. Una definizione di tal tipo, che si suole chiamare *reale*, è però ancorata ad una precisa fase dello sviluppo delle conoscenze scientifiche sul fenomeno e quindi all'uso di una certa terminologia che cinquant'anni fa era inconcepibile e che può anche oggi essere agevolmente sostituita in modo da riformulare completamente la definizione sulla base di termini più recenti tratti dalla chimica fisica dei polimeri ad alto peso molecolare o dalla cinetica degli enzimi.

Richiamarsi agli attributi essenziali del fenomeno significa infatti fornire una descrizione ad un certo livello, che non è l'unico possibile, del fenomeno e indicare le modalità del suo accadere in funzione dello stato attuale di un dato settore della ricerca scientifica. Ciò implica appunto che gli attributi del fenomeno considerati essenziali da taluni non lo sono per altri o, in altri termini, che non si manifesta una concordanza di vedute su quel che è essenziale e quello che non lo è.

Il disaccordo, come si può notare, prende forma non tanto dal contenuto in sé della definizione quanto dal fatto che ad esso siano stati conferiti caratteri di essenzialità non rigorosamente accertabili. Questo intralcio può essere rimosso facendo ricorso ad una definizione *nominale* cioè ad una « convenzione che serve semplicemente ad introdurre una notazione alternativa, e di solito più breve, in luogo di una espressione linguistica data »¹²; in tal modo l'opinabile scelta dei presunti tratti essenziali di un fenomeno o di un qualsiasi oggetto della ricerca scientifica viene sostituito da una convenzione che non entra nel merito dell'essenzialità di questo o di quell'elemento costitutivo ma si limita ad indicare i punti di riferimento in base ai quali si riconosce univocamente un dato fenomeno o un dato oggetto; di più la convenzionalità di questa definizione permette di ridurre al minimo gli eventuali margini di incertezza che, al limite, possono rilevarsi in un dato termine.

È quindi comprensibile come il linguaggio scientifico faccia largamente uso di convenzioni: la necessità sorge in primo luogo dalla genericità e dalla acriticità del linguaggio comune assolutamente inadatto per un discorso veritativo su certi oggetti a scopi scientifici. Se pensiamo alle parole « specie » e « ordine » non troviamo alcun valido motivo per cui questa debba indicare un livello superiore all'altra come accade invece in tassonomia: è solo in virtù di una convenzione, stipulata al fine concreto di evitare controversie puramente verbali, che si istituisce questa superiorità attribuendo un significato diverso ai due termini e stabilendo tra i due un rapporto gerarchico. A questo punto è necessario ricordare, per chiarirla, un'annosa polemica. « Il



Philosophy of Science



VOLUME 25, NUMBER 4

Fig. 2 La vecchia testata del periodico « *Philosophy of Science* » sul quale comparvero molti studi essenziali per lo sviluppo della moderna epistemologia. Vi collaborarono, tra gli altri, Gustav Bergmann, Niels Bohr, J. Darlington, Herbert Feigl, Philipp Frank, J.B.S. Haldane, Carl Gustav Hempel, I. Langmuir, Charles W. Morris, Henry Margenau, Ernst Nagel, Norbert Wiener.

cosiddetto convenzionalismo delle teorie scientifiche ha dato luogo, purtroppo, a grossi equivoci sia tra i suoi sostenitori sia soprattutto tra i suoi avversari. Il motivo determinante di tali equivoci va probabilmente cercato nella confusione, che spesso si è fatta, tra l'aspetto scientifico e l'aspetto filosofico della tesi in esame¹¹. Un conto è infatti assumere un atteggiamento convenzionalistico in filosofia, che in concreto è apparso il più delle volte sotto forma di un'arbitraria estensione del linguaggio tipico delle matematiche, e un conto è rilevare la convenzionalità del linguaggio nel quale sono comunicate le teorie scientifiche e riconoscere nel contempo i grandi me-

riti che la consapevolezza propria del movimento convenzionalista ha acquisito contro l'assolutismo e il dogmatismo delle vecchie concezioni. Accettare il carattere convenzionale del linguaggio scientifico o, se si vuole, della scienza (che ovviamente non possiamo conoscere altrimenti dalle comunicazioni elaborate nel suo o nei suoi linguaggi) non significa affatto postulare il suo esaurimento nella carenza formale del linguaggio stesso: un simile punto di vista è del tutto arbitrario e insostenibile nel caso delle scienze sperimentali alle cui necessità si è adattato un certo linguaggio e non viceversa. Questo fatto emerge in modo sufficientemente chiaro anche da quan-

to si è detto qui a partire da un esempio concreto, il rigonfiamento torbido della cellula, la cui « scoperta » è avvenuta in sede sperimentale o meglio in conseguenza di un'osservazione e non certo di operazioni sugli elementi costituenti del linguaggio che può essere inteso in modi diversi ma sempre connessi con le necessità di ordinare l'esperimento in un dato contesto.

Il problema che si pone ora, coincidente con il significato degli scopi stessi della scienza, è quello di vedere quali risultati permette di ottenere il linguaggio scientifico nel quale sono espresse le varie teorie e cioè se descrittivi o se esplicativi. Che il linguaggio scientifico fosse puramente descrittivo e quindi che lo scopo della scienza fosse la descrizione dei fenomeni naturali fu sostenuto a lungo da autorevolissimi studiosi come P. Duhem, G.R. Kirchhoff, E. Mach, J.C. Maxwell, convinti del carattere non scientifico delle elaborazioni ipotetiche necessarie per passare dal momento descrittivo a quello esplicativo. I limiti di questa concezione sono evidenti: essi consistono principalmente nell'operare una riduzione della scienza a repertorio di giudizi relativi a fenomeni e a gruppi di fenomeni senza ulteriori approfondimenti.

L'atteggiamento opposto è quello di considerare come scopo della scienza la spiegazione. Ma cosa s'intende precisamente con questa parola? È ovvio che possono esistere diversi tipi di spiegazione ciascuno provvisto di caratteristiche particolari, diversamente adatte a rispondere ad un certo tipo di domanda e a soddisfare i quesiti posti da diversi tipi di fenomeni.

Nagel¹⁴ distingue in prima istanza quattro tipi di spiegazione:

1) « Un tipo che si incontra comunemente nelle scienze naturali, benché non esclusivamente in esse, ha la struttura formale di un argomento deduttivo, in cui l'*explicandum* è una conseguenza logicamente necessaria delle premesse esplicative ». Esempio: perché il ghiaccio galleggia sull'acqua? Solitamente il fatto viene spiegato « mostrandolo come la conseguenza logica di altre leggi; la legge che la densità del ghiaccio è minore di quella dell'acqua, la legge di Archimede... e altre leggi relative alle condizioni di equilibrio dei corpi soggetti a forze ».



Fig. 3 *Allegoria delle scienze in una tavola premessa agli «Eloges des Academiciens de l'Académie Royale des Sciences».*

2) Un tipo costituito da « molte spiegazioni » che « non posseggono a prima vista una forma deduttiva, in quanto le loro premesse esplicative non implicano formalmente i loro *explananda* ».

Esempio: perché lo sviluppo di questa colonia batterica è inibito da una concentrazione di 20 microgrammi di metrociclina per cm^3 ?

Il fatto è spiegato ricorrendo alla considerazione di carattere sperimentale secondo la quale esiste un'alta proba-

bilità che ogni colonia esposta a quelle concentrazioni di antibiotico venga solo in un minor numero di casi, di bloccata nel suo sviluppo naturale e pendenti da varie cause, riesca a mantenere un certo ritmo di sviluppo.

3) Un tipo di spiegazione, specialmente in uso nelle scienze biologiche, che ricorre all'indicazione « di una o più funzioni (od anche disfunzioni) svolte da una unità nel mantenere o nel realizzare certi tratti di un sistema a cui essa appartiene » oppure stabili-

sce « il ruolo strumentale svolto da un'azione nel conseguimento di qualche scopo ».

Esempio: perché i pesci hanno le branchie? La spiegazione fornita dalla fisiologia si riconnette alle necessità respiratorie degli animali di cui le branchie sono appunto organi attraverso i quali i pesci assorbono l'ossigeno disciolto nell'acqua e si liberano dell'anidride carbonica.

4) Un tipo di spiegazione basato sulla « sequenza dei principali eventi attraverso cui un sistema anteriore si è trasformato in un sistema posteriore ». Esempio: può essere lo stesso di 3) purché alla domanda si attribuisca, invece che il significato: a cosa servono le branchie?, il significato: perché nei pesci si sono sviluppate le branchie? In tal caso si pone un problema di evoluzione storica delle specie e la spiegazione consisterà nel mostrare le trasformazioni in successione che hanno portato all'attuale morfologia e funzionalità dell'organo.

Le spiegazioni del tipo 1) si chiamano deduttive o causali, quelle dei tipi 2), 3), 4), nell'ordine, probabilistiche, funzionali o teleologiche, genetiche; naturalmente non mancano differenze di nomenclatura e nemmeno di classificazione dei vari tipi, così come non mancano problemi sollevati dall'appartenenza di una certa spiegazione concreta a questo o quel tipo o, quando ciò è possibile, dalla scelta tra due o più tipi di spiegazione.

Di maggior interesse è però rilevare che, parlando di spiegazione, si sono usati nuovi termini come quelli di legge, di deduzione, di causalità, di probabilità la cui chiarificazione ed il cui significato sono oggetto della ricerca epistemologica.

Un ulteriore scopo della scienza, accanto a quello esplicativo, è la previsione; scrive Braithwaite: « La funzione della scienza... è di stabilire leggi generali che riflettano il comportarsi degli eventi empirici o degli oggetti... e pertanto di metterci in grado di fondere assieme la conoscenza di eventi appresi separatamente e di fornire previsioni attendibili di eventi ancora sconosciuti »⁶. I due scopi della scienza non sono infatti separabili: le leggi non solo consentono l'individuazione delle connessioni tra gli eventi ma proprio perciò permettono anche di formulare

TABELLA 1

Simboli in uso nella logica formale

	Espressione corrispondente	Segno
a) Connettivi proposizionali		
Negazione	non	\approx
Disgiunzione	o	\vee
Congiunzione	e	\blacksquare
Implicazione	se... allora	\supset
Equivalenza	se e solo se	\equiv
b) Operatori		
Astrazione	la classe di tutti gli x	(λx)
Quantificatore universale	per ogni x	(x)
Quantificatore esistenziale	per qualche x esiste almeno un x	$(\exists x)$
c) Predicato di identità		
Identità	è identico a	$=$

fermazione potremmo concludere che la fecondità della scienza è una funzione tanto delle specifiche attività di ricerca e di applicazione proprie delle varie discipline, quanto dell'indagine critica sui suoi procedimenti logici e conoscitivi. O, per usare le parole di Albert Einstein « La scienza senza epistemologia — se pure si può concepirla — è primitiva e informe ».

delle previsioni e di procedere alle applicazioni pratiche che sottintendono la possibilità di prevedere l'andamento di fenomeni all'interno di sistemi soggetti a variazioni.

Fino a questo punto il discorso è stato fatto prendendo l'avvio da una proposizione tratta dalle scienze biologiche, vale a dire da scienze caratterizzate da certi aspetti, come l'osservazione e l'esperimento, su oggetti materiali. È ora opportuno, molto brevemente, prendere lo spunto dall'altra proposizione, riportata all'inizio di questo scritto, tratta evidentemente dalle scienze matematiche. Che queste siano differenti dalle scienze naturali, benché abbiano in comune alcuni problemi, è piuttosto ovvio. Le teorie di queste ultime sono costituite da complessi di asserzioni i cui oggetti sono stati « trovati » fuori da sé, nel mondo della natura inteso in senso allargato, comprendente cioè anche quegli oggetti artificiali costruiti per vari usi e, o, riproducendo con materiali diversi processi analoghi a quelli naturali; che esista negli organismi portatori di tumore una sostanza chiamata toxohormone può anche essere proposto per via deduttiva ma la decisione definitiva è legata all'isolamento e all'identificazione della sostanza e alla constatazione che essa non si trova negli organismi non affetti da tumore. La matematica, al contrario, non ha alcuna necessità di ricercare fuori da se stessa, nel confronto con la realtà materiale, la conferma o la smentita delle proprie asserzioni. Per questo motivo è stato possibile assimilarla alla logica, sia pure con le dovute cautele e differenziazioni; un punto di vista

largamente diffuso considera infatti la matematica riducibile alla logica e alla teoria degli insiemi. A proposito di questa riduzione è però da tener presente che quando si parla di logica ci si intende riferire non già alla logica aristotelica o al calcolo logico leibniziano ma alla logica contemporanea, sviluppata in modo tale da permettere tale operazione riduttiva. Le origini immediate dell'attuale disciplina logica, legate ai nomi di Frege, Peano, Russell, rendono conto di questa possibilità, sorta di pari passo con le indagini sui fondamenti della matematica e nell'intento di fare della logica stessa la scienza di tali fondamenti.

Benché gli studi su questi argomenti non siano a rigore di pertinenza epistemologica è intuibile che essi vi si riconnettano continuamente; non foss'altro a proposito dei tentativi di assiomatizzazione delle teorie delle scienze empiriche, necessariamente rivolti alle teorie assiomatizzate delle matematiche come a modelli cui riferirsi, o a proposito del ruolo della matematica nella sfera della conoscenza dei fenomeni naturali e nell'istituzione delle relative teorie. La matematica, è stato detto, « si costituisce attraverso una molteplicità di fattori che vanno dalle sollecitazioni di ordine puramente filosofico a quelle di ordine empirico. Una matematica la quale per un lungo periodo di tempo perdesse l'aggancio con l'esperienza finirebbe con l'inaridire e morire; ma altrettanto accadrebbe di una matematica la quale perdesse per lungo tempo l'aggancio con la riflessione puramente filosofica »¹⁰.

Parafrasando la sostanza di questa af-

BIBLIOGRAFIA

- 1 Agazzi E., Introduzione ai problemi dell'assiomatica, Milano, Vita e Pensiero, 1961.
- 2 Anscombe, Introduzione al « Tractatus » di nome Wittgenstein, Roma, Ubaldini, 1966.
- 3 Ayer A.J., Linguaggio, verità e logica; Milano, Feltrinelli, 1961.
- 4 Beth E.W., I fondamenti logici della matematica, Milano, Feltrinelli, 1962.
- 5 Born M., Filosofia naturale della causalità e del caso, Torino, Boringhieri, 1962.
- 6 Braithwaite R.B., La spiegazione scientifica, Milano, Feltrinelli, 1966 (p. 7).
- 7 Bridgman P.W., La logica della fisica moderna, Torino, Einaudi, 1952.
- 8 Carnap R., Sintassi logica del linguaggio, Milano, Silva, 1961.
- 9 Carnap R., Philosophical Foundations of Physics, New York, Basic Books, 1966.
- 10 Casari E., Questioni di filosofia della matematica, Milano, Feltrinelli, 1964 (p. 213).
- 11 Geymonat L., Filosofia e filosofia della scienza, Milano, Feltrinelli, 1964³ (p. 49).
- 12 Hempel C.G., La formazione dei concetti e delle teorie nella scienza empirica, Milano, Feltrinelli, 1961 (p. 5).
- 13 Mises von R., Manuale di critica scientifica e filosofica, Milano, Longanesi, 1950.
- 14 Nagel E., La struttura della scienza, Milano, Feltrinelli, 1968 (pp. 21-32).
- 15 Ogden C.K., Richards I.A., Il significato del significato, Milano, Saggiatore, 1966.
- 16 Pap A., Introduzione alla filosofia della scienza, Bologna, Il Mulino, 1967 (p. 26).
- 17 * Pasquinelli A., Nuovi principi di epistemologia, Milano, Feltrinelli, 1964 (p. 10).
- 18 * Pasquinelli A., Introduzione alla logica simbolica, Torino, Einaudi, 1957.
- 19 * Planck M., Autobiografia scientifica, Torino, Einaudi, 1956.
- 20 Popper K., Scienza e filosofia, Torino, Einaudi, 1969.
- 21 Quine W.V.O., Manuale di logica, Milano, Feltrinelli, 1960.
- 22 * Quine W.V.O., Il problema del significato, Roma, Ubaldini, 1966.
- 23 Reichenbach H., I fondamenti filosofici della meccanica quantistica, Torino, Einaudi, 1954.
- 24 Reichenbach H., La nascita della filosofia scientifica, Bologna, Il Mulino, 1961.
- 25 * Reichenbach H., L'analisi filosofica della conoscenza scientifica, Padova, Marsilio, 1968.
- 26 Russell B., Introduzione alla filosofia matematica, Milano, Longanesi, 1947.
- 27 Weyl H., Filosofia della matematica e della scienza naturale, Torino, Boringhieri, 1967.